

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 11 APR 2003

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 19 848.9
Anmeldetag: 03. Mai 2002
Anmelder/Inhaber: Zumbach Electronic AG, Orpund/CH
Bezeichnung: Berührungsloses Zentritäts- und
Durchmessermesssystem
Priorität: 08. April 2002 DE 102 15 432.5
IPC: G 01 B, H 01 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 20. März 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Wallner

BESCHREIBUNG

Die Erfindung betrifft ein berührungsloses Zentrizitäts- und Durchmesser-Messsystem mit i) einer optischen Messvorrichtung zur Bestimmung des
5 Außendurchmessers und der Lage eines Stranges in einer optischen, senkrecht und quer zur Mittelachse Z einer Messeinrichtung angeordneten Messebene, wobei der Strang einen Leiter und eine diesen isolierende Umhüllung aufweist und in Richtung der Mittelachse Z durch die Messeinrichtung hindurchgezogen wird, ii) einer induktiven
10 Messspulenvorrichtung zur Bestimmung der Lage des Leiters in einer induktiven Messebene, die ebenfalls senkrecht und quer zur Mittelachse Z der Messeinrichtung angeordnet ist, und iii) Mitteln, welche die durch die optische Messvorrichtung bestimmte Lage des Stranges mit der durch die induktive Messspulenvorrichtung ermittelten Lage des Leiters in Beziehung
15 setzen und daraus die Zentrizität des Leiters in der Umhüllung errechnen und ein entsprechendes Verfahren.

Bei dem Strang handelt es sich insbesondere um ein Kabel. Bei der Herstellung von derartigen Strängen und insbesondere Kabeln wird die Umhüllung bzw. der Mantel normalerweise durch Extrusion auf den Leiter
20 aufgebracht. Dieser Leiter kann aus einer Schicht oder aus mehreren Schichten zusammengesetzt sein, die konzentrisch um den Leiter verlaufen.

Die Erfindung wird im folgenden aus Gründen der einfacheren Darstellbarkeit anhand von Kabeln und der Herstellung von Kabeln
25 erläutert, wobei der Begriff "Kabel" stellvertretend für alle Arten von Strängen steht, die einen elektrisch leitenden Kern oder Träger aufweisen. Für Kabel ist es wesentlich, dass diese einerseits den erforderlichen Durchmesser besitzen, um die geforderten elektrischen Eigenschaften aufzuweisen und um insbesondere ausreichend zu isolieren. Andererseits
30 ist es von Bedeutung, dass der Leiter zentrisch im Kabelmantel bzw. in der

Umhüllung verläuft. Dies ist insbesondere bei Datenkabeln und Antennenkabeln von Bedeutung.

Es sind schon zahlreiche Vorrichtungen bekannt, mit denen entweder der Außendurchmesser eines Kabels und/oder die Zentrität des Leiters in
5 einem Kabel bestimmt werden können. So ist beispielsweise in der DE 25 17 709 eine Vorrichtung zur Messung und Regelung der Wanddicke von isolierten Strängen beschrieben. Bei dieser Vorrichtung wird die Exzentrität mit Hilfe einer Induktionsmessung ermittelt. Dazu sind im Umfangsabstand um das Kabel herum angeordnete induktive Sensoren
10 vorgesehen, die auf das Magnetfeld ansprechen, das ein im Leiter induzierter Strom erzeugt. Ferner sind bei dieser bekannten Vorrichtung zwei optische Anordnungen vorhanden, die um 90° zueinander versetzt sind, so dass ihre Messachsen senkrecht aufeinander stehen. Mit Hilfe dieser optischen Anordnungen lässt sich die Lage des Kabelmantels
15 bestimmen.

Diese bekannte Vorrichtung besitzt einen Messkopf, der beispielsweise horizontal und vertikal verstellbar ist und der in seiner Lage so eingestellt werden kann, dass der Leiter zentrisch zum Messkopf verläuft.

Außerdem ist aus der CH 667 327 A5 ein Verfahren und eine Vorrichtung
20 zur Prüfung der Wandstärke einer isolierenden Schicht bekannt. Diese Vorrichtung weist einerseits eine Messvorrichtung zur Bestimmung des Außendurchmessers und andererseits eine Messvorrichtung zur Ermittlung der Wandstärke der Isolation auf. Die dabei ermittelten Messwerte werden einem Rechner zugeführt, welcher die Exzentrität des Leiters und die
25 Wandstärke errechnet. Bei der Messvorrichtung zur Messung der Wandstärke der Isolation des Kabels handelt es sich um ein induktiv arbeitendes Gerät, welches auf dem Wirbelstromprinzip basiert und den Abstand vom Sensor zur Oberfläche des Leiters ermittelt. Ein derartiges Messprinzip wird im Rahmen der vorliegenden Unterlagen als "passiv"
30 bezeichnet. Dabei wird der Leiter des Kabels nicht mit Strom beaufschlagt. Bei den Messspulen handelt es sich dann um aktive Spulen, welche symmetrisch zur Mittelachse der Vorrichtung angeordnet und Bestandteil

eines Schwingkreises sind und den durch den im Leiter erzeugten Wirbelstrom messen, woraus sich der Abstand zur Leiteroberfläche ergibt.

Bei dieser bekannten Vorrichtung sind die beiden genannten Messvorrichtungen in axialer Richtung und somit in Richtung des Leiters
5 voneinander beabstandet. Damit weisen auch die optische Messebene und die induktive Messebene einen Abstand auf.

Als aktive Messung bzw. als aktives Messsystem wird im Rahmen der vorliegenden Unterlagen eine solche bzw. ein solches bezeichnet, bei dem im Leiter ein Strom induziert wird, beispielsweise ein hochfrequenter
10 Wechselstrom mit Hilfe eines Induktors. Die magnetischen Feldlinien des dadurch erzielten Feldes laufen konzentrisch um den Leiter bzw. die Leiterachse und werden mit passiven Spulen detektiert.

Eine weitere Vorrichtung zur Bestimmung der Position eines Leiters relativ zur Außenfläche einer extrudierten Umhüllung ist aus der EP-A-0 612 975
15 bekannt. Es wird dort betont, für die elektrischen und mechanischen Eigenschaften eines extrudierten Kabels sei es wichtig, dass der Leiter entlang der zentralen Achse des Kabels platziert sei. Zur Bestimmung der Exzentrizität wird bei dieser bekannten Vorrichtung eine Kombination aus einer optischen Vorrichtung zur Bestimmung der Lage des Kabels in einer
20 Messebene und einer induktiv arbeitenden Vorrichtung zur Bestimmung der Position des Leiters in der Isolierung bzw. der Umhüllung zur Anwendung gebracht.

Die optische Vorrichtung weist zwei Lichtquellen auf, die in einem Winkel von 90° zueinander angeordnet sind und Licht senkrecht zur Längsachse
25 des Kabels senkrecht auf dieses und somit einerseits in Richtung der X-Achse und andererseits in Richtung der Y-Achse emittieren. Den Lichtquellen gegenüber liegt jeweils eine Lichtmessvorrichtung. Auf diese Weise können die Lage des Kabels in der Messebene und auch der Außendurchmesser des zu vermessenden Kabels bestimmt werden.

Des weiteren sind zwei Paare von Induktionsspulen vorhanden, die beidseits des Kabels angeordnet sind. Ein Spulenpaar ist dabei in Richtung der X-Achse und das andere in Richtung der Y-Achse angeordnet. Wird nun der Leiter des zu vermessenden Kabels mit einem Wechselstrom beaufschlagt, dann wird ein magnetisches Feld erzeugt, das durch die Induktionsspulen gemessen wird. Sind die in den Induktionsspulen gemessenen Ströme gleich stark, dann befindet sich der Leiter in der Mitte zwischen den Spulenpaaren und somit in zentraler Lage.

Da aus der optischen Messung die Lage der Außenmantelfläche des Kabels und aus der induktiven Messung die Lage des Leiters bekannt sind, kann rechnerisch die Zentrität des Leiters errechnet werden.

Auch bei dieser bekannten Vorrichtung liegen die Messebenen der optischen Messung und der induktiven Messung axial hintereinander. Werden somit die optische Messung und die induktive Messung zu irgendeinem Zeitpunkt gleichzeitig gemessen, dann beziehen sich die dabei ermittelten Werte auf unterschiedliche und axial voneinander beabstandete Messebenen und somit unterschiedliche Stellen bzw. Orte des extrudierten Kabels. Zudem treten große Messfehler auf, wenn die Leiterachse bezüglich der Mittelachse der Vorrichtung verkippt ist bzw. damit einen Winkel einschließt.

Weitere Vorrichtungen der hier in Rede stehenden Art sind beschrieben in CH-A 542 426, CH-A 683 370 und CH-A 463 124. Ein neueres Verfahren zur Messung des Durchmessers eines Stranges ist in der DE-A 197 57 067 erläutert.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Messsystem bereitzustellen, mit dem der Außendurchmesser eines Stranges und insbesondere eines Kabels und die Exzentrizität des Leiters dieses Stranges/Kabels auf einfache Weise gleichzeitig für denselben Ort des Stranges bestimmt werden können.

Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Vorrichtung gemäß der Lehre der Patentansprüche.

Bei dem erfindungsgemäßen Messsystem wird der zu vermessende Strang bzw. das zu vermessende Kabel, das insbesondere aus einer
5 Extrusionsanlage stammt, im wesentlichen in Richtung der Mittelachse durch die erfindungsgemäße Messeinrichtung hindurchgezogen. Diese Einrichtung stellt insbesondere eine Art Messjoch dar, auf das später eingegangen wird.

Der Leiter des Kabels weist eine isolierende Umhüllung auf. Ist der Leiter
10 zentrisch in der Umhüllung angeordnet und wird das zu vermessende Kabel in Richtung der Mittelachse sowie mittig in der Messvorrichtung bzw. in dem Messjoch geführt oder dadurch hindurchgezogen, dann fällt die Leiterachse mit der Mittelachse der erfindungsgemäßen Messeinrichtung zusammen. Mit der erfindungsgemäßen Messeinrichtung sind jedoch auch
15 dann verlässliche und genaue Werte zu ermitteln, wenn beispielsweise die Leiterachse, sei sie nun zentrisch im Kabel oder nicht, parallel zu Mittelachse verschoben ist oder wenn die Leiterachse bezüglich der Mittelachse verkippt ist. Nähere diesbezügliche Erläuterungen finden sich weiter unten.

20 Zur Bestimmung des Außendurchmessers, der in einer optischen Messebene ermittelt wird, dient eine optische Messvorrichtung. Die Messebene dieser optischen Messvorrichtung ist dabei senkrecht und quer zur Mittelachse der Messeinrichtung angeordnet. Mit anderen Worten, die Mittelachse der Messeinrichtung und auch die Leiterachse bildet die
25 Normale zu dieser optischen Messebene.

Ferner wird durch die optische Messeinrichtung die Lage der Umhüllung (genauer der Außenmantelfläche) und damit die Lage des Kabels in der optischen Messebene bestimmt. Mit anderen Worten, es kann ermittelt werden, ob die zentrische Längsachse des Kabels mit der Mittelachse der
30 optischen Messeinrichtung zusammenfällt und somit durch den zentralen Messpunkt S verläuft oder diesbezüglich verschoben ist. Die Längsachse

des Kabels ist dabei von der Leiterachse des Kabels zu unterscheiden, denn letztere kann exzentrisch in der Umhüllung angeordnet sein und fällt dann nicht mit der Mittelachse der Messeinrichtung zusammen, selbst wenn die Längsachse des Kabels und die Mittelachse der Messeinrichtung 5 zusammenfallen.

Die optische Messvorrichtung kann beliebiger und bekannter Art sein. Es sind verschiedene derartige Messvorrichtungen bekannt und in den eingangs genannten Druckschriften beschrieben. Die Art dieser optischen Messvorrichtung ist somit nicht kritisch. Die optische Messung kann 10 beispielsweise mit einem Laserscanner, mit einer CCD-Kamera oder auf fotometrischer Basis erfolgen.

Zweckmäßigerweise ist diese optische Messvorrichtung derart ausgestaltet, dass die Lage und der Durchmesser des Kabels in einer X-Richtung und einer Y-Richtung ermittelt wird, wobei diese beiden 15 Richtungen insbesondere senkrecht zueinander verlaufen bzw. aufeinander stehen und einen Winkel von 90° einschließen.

Im letzteren Fall besteht die optische Messvorrichtung zweckmäßigerweise aus zwei optischen Messsystemen, die durch gemeinsame Triggerung der Messung (Shutter, Blitz, Auslesen der CCD oder ähnlichem) synchronisiert 20 werden. Ferner ist eine Synchronisation der beiden optischen Messsysteme durch eine Synchronregelung von optischen Scannern oder durch Verwendung eines gemeinsamen Scanners (Polygonalspiegel) und einem mit Spiegel entsprechend entfaltetem Strahlengang möglich. Für eine optische Messung mittels Laserstrahlen kann für jede Messachse 25 bzw. für die X- und die Y-Richtung je ein Laser mit einem optischen Scanner Anwendung finden.

Es ist auch möglich, die optische Messung mit mehr als zwei Messsystemen, beispielsweise drei Messsystemen, durchzuführen. In letzterem Fall bilden die Messachsen bzw. Messrichtungen dann einen 30 Winkel von vorzugsweise 60° . Alle diese Messrichtungen bzw. Messachsen liegen dabei in einer Messebene.

Vorzugsweise weist die erfindungsgemäße Vorrichtung jedoch eine optische Messvorrichtung mit zwei Lichtquellen auf, die um insbesondere 90° zueinander versetzt angeordnet sind und von denen Licht in der optischen Messebene auf den Strang emittiert wird, das auf der dem
5 Strang gegenüberliegenden Seite von jeweils einem der Lichtquelle zugeordnetem Sensor detektiert wird.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist ferner mit einer induktiven Messspulenvorrichtung zur Bestimmung der Lage des Leiters des Kabels in der induktiven Messebene ausgerüstet. Die Messebene dieser
10 induktiven Messspulenvorrichtung, die hier auch als induktive Messebene bezeichnet wird, verläuft ebenfalls senkrecht und quer zur Mittelachse der Messeinrichtung und damit auch zur Leiterachse.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zeichnet sich nun dadurch aus, dass die Messspulen der Messspulenvorrichtung paarweise oder hälftig
15 bezüglich der optischen Messebene angeordnet sind. Dadurch werden unterschiedliche Feldstärken ermittelt, und zwar einerseits vor der optischen Messebene und andererseits nach der optischen Messebene. Die ermittelten Feldstärken werden derart in Beziehung gesetzt, dass sich die Feldstärke in der sogenannten induktiven Messebene ergibt, die mit
20 der optischen Messebene unter Bildung einer gemeinsamen aktiven Messebene M zusammenfällt, die gleichzeitig die optische Messebene bildet.

Mit dem Ausdruck "paarweise" wird zum Ausdruck gebracht, dass ein Paar von Messspulen und somit zwei Messspulen vorhanden sind. Eine dieser
25 Messspulen befindet sich vor der aktiven Messebene und die andere symmetrisch dazu auf der anderen Seite und somit hinter der aktiven Messebene M.

Mit dem Ausdruck "hälftig" wird eine Messspule bezeichnet, von der die Hälfte der Wirkfläche dieser Messspule auf der einen Seite der Messebene
30 M liegt und die Feldstärke dort ermittelt und die andere Hälfte auf der anderen Seite der Messebene M liegt und die Feldstärke dort ermittelt. In

diesem Fall entspricht die tatsächliche induktive Messebene der aktiven Messebene. Die Messebene halbiert quasi die Wirkfläche der Messspule, wodurch die beiden vor und nach der Messebene ermittelten Feldstärken durch die Ausgestaltung der Messspule derart in Beziehung gebracht werden, dass sich eine gemeinsame Messebene ergibt bzw. die induktive Messebene mit der optischen Messebene zusammenfällt und die aktive Messebene bildet.

Bei der paarweisen Anordnung der Messspulen werden die von den einzelnen Messspulen eines Paares gemessenen Feldstärken durch Verrechnung in Beziehung gebracht. Mit anderen Worten, durch die Verrechnung wird die Feldstärke in einer Art virtuellen Messebene ermittelt. Es wird nämlich nicht die konkrete Feldstärke in dieser virtuellen Ebene, welche der optischen Messebene entspricht und die gemeinsame aktive Messebene M darstellt, konkret gemessen. Vielmehr wird die Feldstärke in dieser virtuellen Messebene rechnerisch ermittelt.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform haben alle Messspulen der Messspulenvorrichtung die gleiche Wirkfläche und vorzugsweise die gleiche Form und Fläche. Unter Wirkfläche wird dabei der Flächeninhalt derjenigen Fläche verstanden, der von den Feldlinien senkrecht durchdrungen werden. Ist die von der Wicklung einer Messspule aufgespannte Fläche senkrecht zu den Feldlinien angeordnet, dann entspricht der Flächeninhalt der aufgespannten Fläche der Wirkfläche. Ist die Anordnung hingegen nicht senkrecht und durchdringen die Feldlinien die aufgespannte Fläche in einem Winkel kleiner 90° , dann ist die Wirkfläche kleiner als der Flächeninhalt. Besitzen beispielsweise zwei Messspulen gleiche Wirkfläche, dann ist die in diesen beiden Messspulen induzierte Spannung bei gleicher Feldstärke vom Betrag her die gleiche. Im Falle eines Messspulenpaares wird mit einer Messspule dieser beiden Messspulen eine Messung vor und mit der anderen eine Messung nach der Messebene M vorgenommen.

Das erfindungsgemäße Messsystem besitzt ferner Mittel, welche die mit der optischen Messvorrichtung ermittelten Daten bzw. bestimmte Lage des

Kabels mit der durch die induktive Messspulenvorrichtung ermittelten Daten zur Bestimmung der Lage des Leiters in Beziehung zu setzen. Zu diesen Mitteln zählt beispielsweise eine Rechneinheit bekannter Natur.

Aus den bei der optischen Messung erhaltenen Daten wird die Lage des
5 Kabels in der aktiven Messebene M und damit auch die Lage der Außenmantelfläche der Umhüllung errechnet. Auch der Durchmesser des Kabels wird dabei bestimmt. Mit anderen Worten, die Lage der Querschnittsfläche des Kabels in der Messebene wird optisch ermittelt. Durch die bei der induktive Messung erhaltenen Daten wird die Lage des
10 Leiters des Kabels in der aktiven Messebene M ermittelt. Da die Lage der Querschnittsfläche in der Messebene bekannt ist, kann man durch rechnerische Einbeziehung der Daten der induktiven Messung rechnerisch ermitteln, wo sich der Leiter in der Querschnittsfläche befindet. Liegt der Leiter bei einem beispielsweise runden Kabel im Zentrum der
15 kreisförmigen Querschnittsfläche, dann ist der Leiter zentrisch angeordnet. Ist der Leiter nicht im Zentrum, dann ist die Leiterachse bezüglich der zentrischen Längsachse des Kabels verschoben, und es liegt Exzentrizität vor.

Das oben Gesagte gilt auch dann, wenn das Kabel und somit dessen
20 Längsachse seitlich zur Mittelachse der Messeinrichtung versetzt ist oder dazu verkippt ist. Durch die optische Messeinrichtung wird die Lage und die Ausdehnung der Querschnittsfläche in der Messebene ermittelt, woraus sich auch ergibt, ob die Längsachse durch den zentralen Messpunkt S in der Messebene verläuft oder nicht. Letzteres ist im übrigen
25 bevorzugt, da dann die Messgenauigkeit am größten ist und eine Linearität der Messung gegeben ist. Daher sind die optische Messvorrichtung und/oder die induktive Messspulenvorrichtung verschiebbar ausgestaltet. Die Verschiebung erfolgt derart, dass das zu vermessende Kabel bei der Vermessung möglichst durch den zentralen Messpunkt verläuft.

30 Zum erfindungsgemäßen Messsystem gehören ferner die für die Messung und Behandlung der gemessenen Daten erforderliche elektronische Bauteile

wie Verstärker, Wandler etc. Derartige Bauteile sind jedoch bekannt und bedürfen daher keiner weiteren Erläuterungen.

Zweckmäßigerweise werden die optische Messung und die induktive Messung zum gleichen Zeitpunkt durchgeführt. Mit anderen Worten, beide
5 Messungen beziehen sich auf dieselbe Stelle bzw. denselben Ort des zu vermessenden Kabels.

Die optische Messung und die induktive Messung erfolgen vorzugsweise in Echtzeit. Die erhaltenen Messergebnisse werden dabei in Echtzeit verarbeitet.

- 10 Die induktive Messung mit Hilfe der induktiven Messspulenvorrichtung kann passiver oder aktiver Art sein. Vorzugsweise erfolgt die induktive Messung jedoch in Form einer aktiven Messung. Dazu weist die erfindungsgemäße Vorrichtung eine Einrichtung zur Induktion eines hochfrequenten Wechselstroms in dem Leiter des zu vermessenden
15 Kabels auf.

Bei der induktiven Messung laufen die Feldlinien des durch den Strom im Leiter induzierten Feldes konzentrisch um diesen Leiter. Um die Feldstärke dieses Feldes zu ermitteln, kann man Messspulen einsetzen, deren Wicklung und deren Wirkfläche in etwa in einer Ebene liegt, die senkrecht
20 zu den Feldlinien verläuft und von diesen senkrecht durchdrungen wird. Für die Messung in einer Ebene können zweckmäßigerweise zwei Spulen zum Einsatz kommen, die symmetrisch zur Mittelachse Z der Messeinrichtung angeordnet sind.

Im Prinzip ist die induktive Messung in einer Ebene ausreichend. Gleiches
25 gilt für die optische Messung.

Für eine induktive Messung in einer Ebene ist es erforderlich, die Feldstärke auf zwei Seiten von der Mittelachse Z zu messen, und zwar einmal vor der Messebene M und einmal danach. Dies kann dadurch erreicht werden, dass für die Messung auf einer Seite der Messebene M
30 zwei separate Messspulen pro Ebene eingesetzt werden, die symmetrisch

zur Mittelachse Z verteilt angeordnet sind. Auf der anderen Seite der Messebene M sind dann nochmals zwei derartige separate Messspulen vorhanden.

5 Ferner kann dies durch Einsatz von Messspulen erreicht werden, die hier als Differenzspulen bezeichnet werden. Mit Differenzspulen werden solche bezeichnet, deren Wirkfläche, die auch als wirksame Messfläche bezeichnet werden kann, bezüglich der Mittelachse Z hälftig aufgeteilt. Diese beiden Flächen liegen vorzugsweise in einer Ebene, so dass die eine Fläche die Feldstärke auf der einen Seite der Mittelachse Z vermisst
10 und die andere Fläche die Feldstärke auf der anderen, gegenüberliegenden Seite der Mittelachse Z vermisst. Das Gesamtmessfeld wird somit durch die Mittelachse Z halbiert.

Auch eine Messung mit drei separaten Messspulen ist möglich, wobei diese Messspulen dann vorzugsweise sternförmig und in Winkeln von 120°
15 angeordnet sind. Die von den Spulen gemessenen Feldstärken werden dann derart in Beziehung gebracht, dass sich die Lage des Leiters in der induktiven Messebene ergibt.

Vorzugsweise wird die induktive Messung in zwei Ebenen durchgeführt, die hier als X-Ebene und Y-Ebene bezeichnet werden. Diese X- und Y-Ebenen
20 schließen einen Winkel ein, der vorzugsweise 90° beträgt. Die X- und Y-Ebenen stehen zudem senkrecht auf der Messebene M bzw. schneiden diese senkrecht. Damit wird quasi der Raum aufgespannt. Die Schnittlinie dieser X- und Y-Ebenen bildet die Mittelachse Z der Messeinrichtung und verläuft durch den zentralen Messpunkt S in der aktiven Messebene M.

25 Natürlich ist es auch möglich, die Zahl der Ebenen, in denen eine induktive Messung durchgeführt wird, weiter zu erhöhen, beispielsweise auf drei Ebenen, die zweckmäßigerweise einen Winkel von 60° einschließen. Auch wenn dadurch die Messgenauigkeit vergrößert wird, ist üblicherweise eine induktive Messung (und auch eine optische Messung) in zwei Ebenen bzw.
30 Richtungen ausreichend.

Im Prinzip kann für die induktive Messung eine beliebige Zahl von separaten Messspulen eingesetzt werden.

Vorzugsweise sind die separaten Messspulen für die induktive Messung gleichmäßig in Umfangsrichtung um die Mittelachse Z verteilt.

- 5 Um nun sowohl die optische Messung als auch die induktive Messung in einer gemeinsamen Ebene durchzuführen, nämlich der aktiven Messebene M, werden separate Messspulen bei einer ersten Ausführungsform derart platziert, dass sie von der Messebene der optischen Messvorrichtung quasi halbiert werden. Diese optische Messebene stellt dann auch die
10 induktive Messebene dar, so dass sie die gemeinsame aktive Messebene M bildet.

- Da es aus räumlichen Gründen schwierig ist, die Messspulen in dieser Messebene M zu platzieren und gleichzeitig auch die optische Messung in möglichst zwei Richtungen, die senkrecht aufeinander stehen, in der
15 Messebene M durchzuführen, liegt die X-Richtung und die Y-Richtung der optischen Messvorrichtung zweckmäßigerweise nicht in der X- und der Y-Ebene, in der sich die Messspulen befinden. Vielmehr sind die X- und Y-Richtung bezüglich der X- und Y-Ebene um einen Winkel versetzt, der insbesondere 45° beträgt.

- 20 Nach einer weiteren Ausführungsform umfasst die Messspulenvorrichtung der erfindungsgemäßen Vorrichtung vier Messspulenpaare. Vier separate Messspulen dieser Messspulenpaare sind in der X-Ebene angeordnet, während weitere vier separate Messspulen in der Y-Ebene angeordnet sind. Dabei liegt eine Messspule eines Messspulenpaares vor der
25 Messebene M und die andere Messspule des Messspulenpaares hinter der Messebene M. Die Messspulen sind symmetrisch zur aktiven Messebene M und vorzugsweise auch zur Messachse Z angeordnet, so dass sich eine Punktsymmetrie bezüglich des zentralen Messpunktes S ergibt.

In diesem Fall werden die von einer Messspule ermittelte Feldstärke (bzw.
30 Spannung) und die mittels der zweiten Messspule dieses

Messspulenpaares ermittelte Feldstärke (bzw. Spannung) addiert. Gleiches gilt für das Messspulenpaar auf der anderen Seite der Mittelachse Z. Die daraus gebildete Differenz zeigt die für die Messebene M errechnete Feldstärke an. Die Wirkflächen aller vier Messspulen sollten dabei gleich 5 sein.

Nach einer weiterhin bevorzugten Ausführungsform werden erfindungsgemäß Differenzspulen zum Einsatz gebracht, deren Wirkfläche in der X-Ebene oder in der Y-Ebene liegt. Auch in diesem Fall ist es möglich, die induktive Messung in mehr als zwei Ebenen, bzw. in drei oder 10 vier Ebenen durchzuführen. Entsprechend muß dann die Anzahl der Differenzspulen erhöht werden.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform besitzen die Differenzspulen eine Wicklung, von denen sich Abschnitte auf beiden Seiten der Mitteachse Z sowie parallel dazu erstrecken, und zwar entweder in der X- 15 oder in der Y-Ebene. Diese parallelen Abschnitte sind mittels konzentrisch zur Mittelachse Z verlaufenden Verbindungsbogen verbunden. Da sich diese Verbindungsbogen in Richtung der Feldlinien erstrecken, sind sie wirkungsneutral. Als Wirkfläche dient somit nur diejenige Fläche, die zwischen den beiden parallelen Abschnitten der Wicklung aufgespannt ist.

20 Es ist im übrigen nicht zwingend, dass die sich zwischen zwei Verbindungsbogen erstreckenden Abschnitte parallel zur Mittelachse Z verlaufen. Vielmehr ist es denkbar, diese Abschnitte bogenförmig in der X- oder Y-Ebene verlaufen zu lassen, wobei natürlich die beiden Wirkflächen beidseits der Mittelachse Z gleich groß sein müssen.

25 Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist weiterhin bevorzugt Mittel auf, um entweder die optische Messvorrichtung und/oder die induktive Messspulenvorrichtung verschieben und justieren zu können. Zu diesen Mitteln zählt beispielsweise ein Positioniersystem inklusive Positionsantriebe und eine entsprechende Steuerung. Ferner sind Mittel 30 zur Spannungsmessung, zur Phasenbestimmung etc. und zur Verarbeitung

ermittelten Daten, beispielsweise eine Rechneinheit vorhanden. All dies ist jedoch bekannter Natur und bedarf keiner weiteren Erläuterung.

Gegenstand der Erfindung ist auch ein Verfahren gemäß der Lehre der Verfahrensansprüche.

- 5 Die Erfindung wird im folgenden anhand der beiliegenden Zeichnungen näher erläutert, welche bevorzugte Ausführungsformen zeigen und die Erfindung skizzenhaft und nicht maßstabsgetreu wiedergeben. Von diesen Zeichnungen zeigen

- | | | |
|----|---------|---|
| | Figur 1 | eine Systemübersicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung, |
| 10 | Figur 2 | das Aufbauprinzip einer Messeinrichtung in Form eines Messjochs gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung, |
| 15 | Figur 3 | die Anordnung der Messspulen der Messspuleneinrichtung und der verschiedenen Ebenen in schematischer und perspektivischer Darstellung bei der ersten Ausführungsform gemäß der Figur 2, |
| 20 | Figur 4 | eine Aufsicht auf die X-Ebene der Figur 3 in vereinfachter Darstellung mit einem Kabel, dessen Leiterachse mit der Mittelachse der erfindungsgemäßen Vorrichtung zusammenfällt, |
| | Figur 5 | eine der Figur 4 analoge Ansicht, wobei allerdings die Leiterachse bezüglich der Mittelachse verkippt ist, |
| 25 | Figur 6 | eine Prinzipdarstellung einer Messspulenvorrichtung in perspektivischer Ansicht gemäß einer zweiten Ausführungsform, bei der die Messspulen Differenzspulen sind, |
| | Figur 7 | eine Prinzipdarstellung in perspektivischer Ansicht einer einzelnen Messspule gemäß Fig. 6 in der X-Ebene, |

Figur 8 der Verlauf der Feldlinien in der X-Ebene gemäß Figur 7 bei einem Leiter, in dem Strom induziert wird und

Figur 9 eine perspektivische Prinzipdarstellung einer weiteren Ausführungsform, bei der die Messspulen von der Messebene M „halbiert“ werden.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird, wie dies beispielsweise in der Figur 1 gezeigt ist, ein Kabel 3 durch eine Messeinrichtung in Form eines Messjoches 2 hindurchgeführt. Dieses Kabel 3 weist, wie beispielsweise aus der Figur 3 ersichtlich ist, einen zentrischen Leiter 4 auf, der von einer Umhüllung 5 aus einem isolierenden Material umgeben ist. Ein derartiges Kabel 3 wird üblicherweise durch Extrudieren hergestellt. Die erfindungsgemäße Vorrichtung bzw. das Messjoch 2 kann in die laufende Produktionslinie für die Herstellung dieses Kabels 3 integriert werden und nach der Extrusionsdüse entweder vor dem üblicherweise eingesetzten Kühlbad oder auch dahinter positioniert werden. In dem Kabel 3 wird mit Hilfe eines Oszillators 6, beispielsweise einem 160 KHZ Oszillator, und einem Verstärker 7 (beispielsweise 60 Watt) sowie eines Induktors 8 ein Strom 9 induziert.

Das in der Figur 2 näher dargestellte Messjoch 2 besitzt ein Gehäuse 10 und ist in etwa scheibenförmig bzw. tellerförmig ausgestaltet. Mittig in diesem Gehäuse findet sich eine zentrale Öffnung 12, durch die das Kabel 3 hindurchgezogen werden kann, das durch einen Schlitz 11 in diese Öffnung 12 eingeführt wurde. Die Mittelachse Z verläuft senkrecht zum Gehäuse 10 und somit senkrecht zur Papierebene der Figur 2; das Gehäuse 10 liegt dabei in etwa in der Papierebene. Die zentrale Öffnung 12 ist im wesentlichen kreisförmig ausgebildet.

Das Gehäuse 10 hat in Richtung der Mittelachse Z eine Ausdehnung von einigen Zentimetern. Im Inneren des Gehäuses 10 sind die optische Messvorrichtung und die induktive Messspulenvorrichtung angeordnet.

Bei der in der Fig. 2 gezeigten Ausführungsform sind in dem Gehäuse 10 zwei optische Messvorrichtungen 13, 14; 13', 14' vorhanden, die jeweils eine Lichtquelle 13, 13' und einen Empfänger 14, 14' aufweisen.

Bei der dargestellten Ausführungsform stellen die Lichtquellen 13, 13' 5 einen Laserscanner mit polygonalem Spiegel dar. Die davon fächerförmig emittierten Laserstrahlen 18, 18' werden durch eine Linse 15, 15' parallel ausgerichtet. Die parallelen Laserstrahlen 18, 18' treffen dann auf das zu vermessende Kabel 3, das natürlich von den Laserstrahlen 18, 18' nicht durchdrungen wird, so dass hinter dem Kabel 3 ein Schatten 16, 16' 10 entsteht. Die Laserstrahlen 18, 18' werden dann im weiteren Verlauf durch eine zweite Linse 17, 17' auf die Empfänger 14, 14' gebündelt, mit dem die Breite des Schattens 16, 16' und somit einerseits die Lage des Kabels 3 in der Messebene M und auch der Durchmesser ermittelt werden können.

Für eine derartige optische Messung können die verschiedensten 15 bekannten Vorrichtungen Anwendung finden. Die hier näher erläuterte Messvorrichtung stellt nur eine von vielen Möglichkeiten dar.

Bei der in der Figur 2 gezeigten Ausführungsform vermisst die optische Messvorrichtung 13, 14 die Lage der Umhüllung 5 des Kabels 3 in X-Richtung, während die andere optische Messvorrichtung 13', 14' die 20 Lage in Y-Richtung bestimmt. Daraus ergibt sich auch der Außendurchmesser. Die X- und Y-Richtung bilden dabei einen Winkel von 90° bzw. stehen senkrecht aufeinander. Die Papierebene der Figur 2 stellt die Messebene M dar, in der sich die Laserstrahlen 18, 18' erstrecken. Man kann sich das Messjoch 2 auch derart vorstellen, dass die 25 Papierebene der Figur 2 das Gehäuse 10 in etwa in zwei Hälften unterteilt, von denen sich eine oberhalb der Papierebene und die andere unterhalb der Papierebene befindet.

In der Figur 2 sind auch Messspulenpaare X, Y angedeutet, deren Lage und Ausgestaltung in der Fig. 3 dargestellt ist. Jedes Messspulenpaar +X, 30 -X, +Y, -Y besteht aus zwei separaten Messspulen +X¹, +X²; -X¹, -X²; +Y¹, +Y²; -Y¹, -Y², die symmetrisch bezüglich der Messebene M in einer die

Mittelachse Z aufweisenden Ebene (entweder X oder Y) liegen. So sind bei der in der Fig. 3 dargestellten Ausführungsform zwei Messspulenpaare +X, -X vorhanden, die in der Ebene X liegen, wobei diese Ebene X senkrecht auf der Messebene M steht. Eine Spule $+X^1$ des Messspulenpaares +X liegt dabei vor der Messebene M, während die andere Messspule $+X^2$ dieses Messspulenpaares +X nach der Messebene M angeordnet ist. Dem Messspulenpaar +X liegt dabei bezüglich der Mittelachse Z das Messspulenpaar -X in dieser X-Ebene symmetrisch gegenüber. Letzteres Messspulenpaar -X weist eine separate Messspule $-X^1$ vor der Mittelebene M und eine weitere separate Messspule $-X^2$ nach der Messebene M auf.

Analoges gilt für die Messspulenpaare +Y und -Y. Eine separate Messspule $+Y^1$ bzw. $-Y^1$ der beiden Messspulenpaare +Y und -Y liegt vor der Messebene M, während die zweite separate Messspule $+Y^2$ bzw. $-Y^2$ nach der Messebene M sowie symmetrisch dazu angeordnet ist. Die Messspulenpaare +Y und -Y liegen im übrigen in der Y-Ebene, die in der perspektivischen Darstellung der Fig. 3 nicht gezeigt ist. Die Messebene M stellt dabei die Ebene dar, in der sich auch die Laserstrahlen 18, 18' erstrecken.

Die X-Ebene und die Y-Ebene stehen dabei senkrecht zueinander (sie schließen somit zwischen sich einen Winkel von 90° ein) und stehen auch senkrecht zur Messebene M. Die Mittelachse Z verläuft dabei in der Schnittlinie der X-Ebene mit der Y-Ebene. Bei optimaler Ausrichtung eines Kabels 3 mit zentrischem Leiter 4 fällt auch die Leiterachse 19 mit der Mittelachse Z und damit mit der Schnittlinie der X-Ebene mit der Y-Ebene zusammen. Die in der Fig. 3 gezeigten Messspulen sind bei dieser Ausführungsform zum zentralen Messpunkt S punktsymmetrisch angeordnet. Sie besitzen zudem gleiche Form und Größe und damit eine gleiche Wirkfläche bzw. Messfläche.

Zur weiteren Erläuterung wird auf die Fig. 4 verwiesen, welche eine Aufsicht auf die X-Ebene der Fig. 3 zeigt, wobei die "Verhältnisse" zum besseren Verständnis schematisch dargestellt sind. Durch den in dem Leiter 4 des Kabels 3 induzierten Strom 9 wird ein Feld mit konzentrisch

um das Kabel 3 verlaufenden Feldlinien 20 erzeugt. Der Außendurchmesser des Kabels 3 und somit der Umhüllung 5 wird durch die optischen Messvorrichtungen 13, 14; 13', 14' in der Messebene M ermittelt. Alle dort gezeigten separaten Messspulen liegen in der X-Ebene.

5 Mit anderen Worten, die Wicklungen 21 dieser Messspulen $+X^1$, $+X^2$, $-X^1$, $-X^2$ befinden sich in etwa in dieser X-Ebene, wobei diese Messspulen natürlich auch je nach ihrer Dicke und Ausgestaltung eine gewisse Ausdehnung in der Y-Richtung besitzen. Die Wicklungen 21 der Messspulen $+X^1$ und $+X^2$ des Messspulenpaares $+X$ auf der einen Seite

10 des Kabels 3 und auch die entsprechenden Wicklungen 21 der Messspulen $-X^1$ und $-X^2$ des anderen Messspulenpaares $-X$ auf der anderen Seite des Kabels 3 sind jeweils in Reihe geschaltet. Die Messspulenkombination $+X^1$, $-X^1$ misst die Stärke der Feldlinien 20' vor der Messebene M, während die Messspulenkombination $+X^2$, $-X^2$ die Stärke

15 der Feldlinien 20" nach der Messebene M bestimmt. Mit anderen Worten, es wird der Wirkabstand des eingeschlossenen Feldes von der Leiterachse 19 zur Spulenmitte ermittelt.

Für das Messspulenpaar $+X$ wird die Spannung als Summe der in den einzelnen Spulen $+X^1$ und $+X^2$ induzierten Teilspannungen ermittelt.

20 Gleiches gilt für das Messspulenpaar $-X$. Von diesen beiden Spannungen wird die Differenz ermittelt. Fällt beispielsweise die Leiterachse 19 exakt mit der Mittelachse Z, welche die Symmetrieachse für die Messspulenkombination $+X^1$, $-X^1$ bzw. $+X^2$, $-X^2$ bildet, zusammen, dann messen die Messspulen $+X^1$ und $-X^1$ die Feldstärke vor der Messebene M,

25 während die Messspulen $+X^2$ und $-X^2$ die Feldstärke hinter der Messebene M ermitteln. Da die Messspulenpaare $+X$ und $-X$ symmetrisch zur Messebene M angeordnet sind und da die wie oben beschriebene Differenz ermittelt wird, ist als aktive Messebene für die induktive Messspulenvorrichtung die Messebene M anzusehen, die auch die

30 Messebene für die optische Messvorrichtung darstellt.

Für die erfindungsgemäße Vorrichtung ist es wichtig, dass der zentrale Messpunkt S in der Messebene M liegt und somit die Messebene der

- optischen Messvorrichtung mit der aktiven Messebene der induktiven Spulenvorrichtung zusammenfällt. Dazu ist es erforderlich, die erfindungsgemäße Vorrichtung zu justieren. Zu diesem Zweck wird ein nackter Leiter, der keine isolierende Umhüllung aufweist, exakt entlang der Mittelachse Z ausgerichtet. Befinden sich die Messspulen der Messspulenpaare an ihrem Soll-Ort, wobei die Form und Fläche der einzelnen Messspulen gleich ist, dann müsste die Differenzspannung Null sein. Ist die Messspannung ungleich Null, dann kann dies beispielsweise dadurch bedingt sein, dass die beiden vor und hinter der Messebene M liegenden Messspulen eines Messspulenpaares $+X$, $-X$, $+Y$, $-Y$ nicht symmetrisch zur Messebene M liegen. Es ist dann erforderlich, die Position der induktiven Messspulenvorrichtung bezüglich der Position der optischen Messvorrichtung zu verändern, bis die Differenzspannung Null ist.
- 15 Zur Feststellung, ob der zentrale Messpunkt S exakt in der Messebene M liegt, wird bei der Justierung der nackte Leiter bezüglich der Mittelachse Z verkippt, so dass sich die Mittelachse Z und die Leiterachse 19 in der Messebene der optischen Messvorrichtung schneiden. Befindet sich bei dieser Konstellation der zentrale Messpunkt S in der Messebene der optischen Messvorrichtung, dann ist auch in diesem Falle die Differenzspannung Null; weitere diesbezügliche Einzelheiten werden nachstehend im Zusammenhang mit der Erläuterung der Fig. 5 beschrieben. Ist die Differenzspannung hingegen ungleich Null, muß die optische Messvorrichtung bezüglich der induktiven Messspulenvorrichtung (oder vice versa) derart verschoben werden, dass die Differenzspannung Null wird.

Der einzige Unterschied zwischen den in den Figuren 4 und 5 gezeigten Ansichten besteht darin, dass bei der Fig. 5 das Kabel 3 bezüglich der Mittelachse Z verkippt ist, jedoch derart, dass der Leiter 4 dieses Kabels 3 durch den zentralen Messpunkt S in der Messebene M verläuft. Auch hier ist die Differenzspannung Null, sofern der Leiter 19 zentrisch in dem Kabel 3 bzw. dessen Umhüllung 4 angeordnet ist. Der Grund dafür liegt darin,

dass durch die gewählte Anordnung die Feldstärkenverhältnisse in der aktiven Messebene und nicht etwa vor der Messebene M mittels der Messspulenkombination $+X^1$, $-X^1$ bzw. hinter der Messebene M mittels der Messspulenkombination $+X^2$ und $-X^2$ ermittelt werden. Es ist somit nicht
 5 erforderlich, den zu vermessenden Leiter derart durch die erfindungsgemäße Messvorrichtung zu führen, dass die Leiterachse 19 exakt mit der Mittelachse Z zusammenfällt. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist somit wesentlich fehlertoleranter, da sich sowohl die optische als auch die induktive Messung auf die aktive Messebene M
 10 beziehen und das Kabel 3 daher für beide Messungen in der selben Ebene erfolgt.

Die gleichen Vorteile kann man mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß der in der Fig. 9 gezeigten Ausführungsform erzielen. Dort sind die Messspulen $+X^{12}$, $-X^{12}$, $+Y^{12}$, $-Y^{12}$ derart angeordnet, dass die Messebene
 15 M diese Spulen halbiert. Bei einer derartigen Ausführungsform ist es jedoch aus räumlichen Gründen schwierig, die optische Vermessung in der gleichen X- bzw. Y-Ebene durchzuführen. Allerdings ist dies möglich, wenn die X-Ebene und die Y-Ebene der induktiven Messung bezüglich der X-Richtung und Y-Richtung verdreht sind, beispielsweise um einen Winkel
 20 von 45° , wie dies in der Fig. 9 dargestellt ist.

Wünscht man, dass die X-Richtung und die Y-Richtung der optischen Messung in der X-Ebene und der Y-Ebene der induktiven Messung durchgeführt wird, dann sind die Ausführungsformen nach den Figuren 3 und 4 zu bevorzugen. Man kann auch sagen, dass bei der
 25 Ausführungsform nach Fig. 9 die Messspulen $+Y^{12}$, $-Y^{12}$, $+X^{12}$ und $-X^{12}$ jeweils in ein aus separaten Messspulen aufgebautes Messspulenpaar $+Y^1$, $+Y^2$ / $-Y^1$, $-Y^2$ / $+X^1$, $+X^2$ / $-X^1$, $-X^2$ gemäß den Ausführungsformen nach den Figuren 3 und 4 symmetrisch zur Messebene M aufgeteilt wurden.

30 Es ist übrigens nicht unbedingt erforderlich, wenngleich bevorzugt, dass die X- und Y-Ebene für die induktive Messspulenvorrichtung und die X-Richtung und Y-Richtung für die optische Messvorrichtung senkrecht

aufeinander stehen. Diese Winkel können prinzipiell einen beliebigen Wert annehmen.

Ferner ist es auch möglich, die optische Messung in mehr als zwei Richtungen vorzunehmen, beispielsweise in drei oder vier Richtungen, wobei diese natürlich alle in der Messebene M erfolgen. So ist es beispielsweise möglich den Außendurchmesser des Kabels in drei Richtungen optisch zu vermessen, wobei diese Richtungen vorzugsweise einen Winkel von 60° bzw. 45° miteinander bilden.

Analoges gilt für die induktive Messung. So ist es beispielsweise möglich, die in den Figuren 4 und 5 gezeigten vier Messspulenpaare durch sechs Messspulenpaare der gleichen Ausgestaltung zu ersetzen, wobei die einzelnen Messspulen dann in Ebenen angeordnet sind, die vorzugsweise einen Winkel von 60° miteinander bilden. Natürlich schneiden sich dann alle diese drei Ebenen in der Mittelachse Z und stehen senkrecht zur Messebene M.

Nach dem eingangs beschriebenen Justieren der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann diese zur Vermessung von extrudierten Kabeln eingesetzt werden. Sobald die Leiterachse 19 des zu vermessenden Kabels 3 nicht mehr durch den zentralen Messpunkt S verläuft, wird die Differenzspannung ungleich Null. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn das Kabel 3 als solches zwar durch den zentralen Messpunkt S geführt wird (dies ist mit Hilfe der optischen Messvorrichtung ermittelbar), der Leiter 4 des Kabels 3 jedoch nicht mehr darin zentrisch angeordnet ist.

Die Zentrität des Leiters 4 im Kabel 5 kann auch dann ermittelt werden, wenn das Kabel 5 als solches nicht exakt durch den zentralen Messpunkt S geführt wird, denn letzterer Umstand ist mit Hilfe der optischen Messvorrichtung feststellbar. Für einen solchen Fall müsste die induktive Messspulenvorrichtung dann eine bestimmte Differenzspannung anzeigen. Differiert die gemessene Differenzspannung von der Soll-Differenzspannung, dann kann dies rechnerisch ausgeglichen und dadurch die Exzentrität bzw. Zentrität des Leiters 3 im Kabelmantel 5 ermittelt

werden. Für eine möglichst hohe Messgenauigkeit ist es jedoch bevorzugt, dass entweder die optische Messvorrichtung oder die induktive Messspulenvorrichtung hinsichtlich ihrer Position derart veränderbar und justierbar sind, dass das Kabel 3 wieder durch den zentralen Messpunkt S
5 verläuft. Derartige Einstell- und Justiermöglichkeiten sind aus dem Stand der Technik bekannt.

Bei allen in den Figuren gezeigten Ausführungsformen handelt es sich um solche, bei denen die induktive Messung auf einer aktiven Messung beruht. Durch den Strom 9 wird ein Feld erzeugt, dessen Feldlinien 20,
10 20', 20'' konzentrisch um den Leiter 4 umlaufen. Die durch die Wicklung 21 der Spulen aufgespannte Ebene verläuft dabei senkrecht zu diesen Feldlinien. Mit anderen Worten, diese aufgespannte Ebene liegt in etwa in der X- bzw. Y-Ebene. Für eine passive Messung ist es erforderlich, die Ebene der Messspulen derart zu verändern, dass sie in etwa tangential
15 zum Kabel verläuft.

Eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist in den Figuren 6 und 7 gezeigt, bei denen es sich um Prinzipdarstellungen in perspektivischer Ansicht handelt. Das optische Messsystem entspricht demjenigen der anderen Ausführungsformen und ist in diesen Figuren nur
20 angedeutet. Der eigentliche Unterschied besteht in der Art der Messspulen, bei denen es sich um sogenannte Differenzspulen handelt.

Auch bei dieser Ausführungsform sind Messspulenpaare X, Y vorhanden, die beidseits der Messebene M angeordnet sind. In der Mitte der Figur 6 ist eine Gesamtschau mit insgesamt vier Differenzspulen X^1 , Y^1 , X^2 , Y^2
25 dargestellt, während oberhalb davon eine einzelne Differenzspule X^1 und unterhalb davon eine einzelne Differenzspule Y^1 gezeigt ist.

Weitere Einzelheiten bezüglich der Differenzspule X^1 sind aus der Figur 7 ersichtlich. Die dort gezeigte Differenzspule X^1 besitzt Wicklungsabschnitte 21', 21'', die sich beidseits des Leiters 4 bzw. Kabels 3 sowie parallel dazu
30 in der X-Ebene erstrecken. Am axialen Ende eines parallelen Wicklungsabschnittes 21' erstreckt sich ein Verbindungsbogen 22

22 konzentrisch zum Leiter 4 und den Feldlinien 20 zum anderen Ende des nächsten parallelen Wicklungsabschnitts 21". Dieser Verbindungsbogen ist wirkungsneutral. Die Wicklung 21 setzt sich dann wieder parallel zum Kabel 3 in entgegengesetzter Richtung und daher in Gegenrichtung zum 5 Wicklungsabschnitt 21' auf der dem Leiter gegenüberliegenden Seite fort. Auch dieser parallele Abschnitt erstreckt sich in der X-Ebene. Am Ende dieses parallelen Abschnitts geht die Wicklung 21 dann wieder in einen Verbindungsbogen parallel zu den Feldlinien 20 über. Dort kann sich dann die nächste Wicklung der beschriebenen Art anschließen. Die beiden 10 Verbindungsbogen 22 und 22' bilden in etwa einen Vollkreis, können sich jedoch auch nur auf einer Seite von der Mittelachse Z befinden, da sie wirkungsneutral sind.

Eine derartige Differenzspule X^1 vermisst in etwa das in der Figur 8 gezeigte, mit starken schwarzen Linien umrandete Feld in der Ebene X; mit 15 (+) sind dabei eintauchende Feldlinien 20 dargestellt, während die kleinen Kreise (°) auftauchende Feldlinien 20 darstellen.

Sind beide Spulenhälften dieser Differenzspule X^1 wirkflächenmäßig gleich groß, dann werden entsprechend der Richtung der Feldlinien 20 entgegengesetzte Spannungen induziert, die sich folglich in der gleichen 20 Spule gegenseitig aufheben, wenn sich die Leiterachse 19 mit der eine Symmetrieachse darstellenden zentrischen Mittelachse Z deckt. Entfernt sich die Leiterachse 19 aus dieser Symmetrieachse, dann wird das Gleichgewicht gestört und es resultiert eine Spannung entsprechend der Differenz der induzierten Teilspannungen in den beiden Spulenhälften +X 25 und -X, und zwar je nach Richtung mit der entsprechenden Phase gegenüber dem induzierten Strom. Das Vorzeichen muss dabei durch Kontrolle der Phase bestimmt werden.

Die Differenzspule X^1 ist dabei, wie man aus der Figur 6 ersieht, auf einer Seite der Messebene M angeordnet. Die damit korrespondierende 30 Differenzspule X^2 ist der Messebene M gegenüberliegend angeordnet. Letztere vermisst das Feld in der X-Ebene auf der anderen Seite der Messebene M.

Zur Vermessung des Feldes in der Y-Ebene dienen die Differenzspulen Y^1 und Y^2 , von denen eine vor der Messebene M und die andere auf der anderen Seite der Messebene M angeordnet ist. Bei diesen Differenzspulen Y^1 und Y^2 verlaufen somit die parallelen Abschnitte der 5 Wicklungen 21 in dieser Y-Ebene.

Die von den verschiedenen, oben beschriebenen Messspulen ermittelten Werte werden von einer Elektronik 23 für die induktive Messung verarbeitet und auf eine zentrale Rechneinheit 25 gegeben. Auch die bei der optischen Vermessung ermittelten Werte werden von einer Elektronik 10 24 für die optische Messung verarbeitet und auf diese zentrale Rechneinheit 25 gegeben. Eine Synchronisation 17 verbindet die Elektronik 23 und mit der Elektronik 24 und stellt die Gleichzeitigkeit aller induktiven und optischen Messungen sicher.

Bereits oben wurde die Vorteilhaftigkeit der Justierung der 15 erfindungsgemäßen Vorrichtung näher erläutert. Um die Messspulenvorrichtung 1 in der X-Ebene und/oder Y-Ebene zu verschieben, ist ein Positioniersystem 28 vorgesehen, mit dessen Hilfe die Messspulenvorrichtung derart verschoben werden kann, dass die Schnittlinie der X-Ebene und Y-Ebene mit der Mittelachse Z zusammenfällt 20 und sich der zentrale Messpunkt S in der Messebene M befindet.

Das Positioniersystem 28 verfügt über Positionsantriebe, welche die Vorrichtung in X- oder in Y-Richtung verschieben können, und wird über Steuerungen 26 und 27 gesteuert, die von der Rechneinheit 25 angesprochen werden.

25 Ist das Kabel nicht zentrisch, können die Steuerungen 26 und 27 während der laufenden Vermessung angesprochen werden und die Messvorrichtung mittels des Positioniersystems derart verschoben werden, dass das Kabel möglichst zentrisch durch den zentralen Messpunkt S verläuft.

Es ist auch möglich, ein derartiges Positioniersystem für die Verschiebung 30 der optischen Messeinrichtung vorzusehen.

Bezugszeichenliste:

X, Y, +X, -Y, +Y, -Y	Messspulenpaare
M	Messebene
Z	Mittelachse der Messeinrichtung
5 S	zentraler Messpunkt
1	Messspulenvorrichtung
2	Messjoch
3	Kabel
4	Leiter
10 5	Umhüllung
6	Oszillator
7	Verstärker
8	Induktor
9	Strom
15 10	Gehäuse
11	Schlitz
12	zentrale Öffnung
13, 13'	Lichtquelle
14, 14'	Empfänger
20 15, 15'	Linse
16, 16'	Schatten
17	Synchronisation
18, 18'	Laserstrahlen
19	Leiterachse
25 20, 20', 20''	Feldlinien
21/21', 21''	Wicklung/Wicklungsabschnitt
22, 22'	Verbindungsbogen
+X ¹² , -X ¹² , +Y ¹² , -Y ¹²	separate Messspulen, hälftig bezüglich der Messebene M
30 +X ¹ , -X ¹ , +X ² , -X ² , +Y ¹ , -Y ¹ , +Y ² , -Y ²	= separate Messspulen
X ¹ , X ² , Y ¹ , Y ²	Differenzspulen
23	Elektronik für induktive Messung
24	Elektronik für optische Messung
25	zentrale Rechneinheit
35 26	Steuerung für Positionierssystem

27

Steuerung für Positioniersystem

28

Positioniersystem

PATENTANSPRÜCHE

1. Berührungsloses Zentritäts- und Durchmesser-Messsystem mit
- 5 i) einer optischen Messvorrichtung (13, 13', 14, 14') zur Bestimmung des Außendurchmessers und der Lage eines Stranges (3) in einer optischen, senkrecht und quer zur Mittelachse Z einer Messeinrichtung (2) angeordneten Messebene, wobei der Strang (3) einen Leiter (4) und eine diesen isolierende Umhüllung (5) aufweist und in Richtung der Mittelachse Z durch die Messeinrichtung (2) hindurchgezogen wird,
- 10 ii) einer induktiven Messspulenvorrichtung (1) zur Bestimmung der Lage des Leiters (3) in einer induktiven Messebene, die ebenfalls senkrecht und quer zur Mittelachse Z der Messeinrichtung (2) angeordnet ist, und
- 15 iii) Mitteln, welche die durch die optische Messvorrichtung (1) bestimmte Lage des Stranges (3) mit der durch die induktive Messspulenvorrichtung (1) ermittelten Lage des Leiters (4) in Beziehung setzen und daraus die Zentrität des Leiters (4) in der Umhüllung (5) errechnen,
- 20 dadurch gekennzeichnet,
- dass die Messspulen ($-X^1, -X^2, +X^1, +X^2, -Y^1, -Y^2, +Y^1, +Y^2$ bzw. $+X^{12}, -X^{12}, +Y^{12}, -Y^{12}$ bzw. X^1, X^2, Y^1, Y^2) der Messspulenvorrichtung (1) paarweise oder hälftig bezüglich der optischen Messebene angeordnet sind und einerseits die Feldstärke vor der optischen Messebene und andererseits die Feldstärke nach der optischen Messebene ermitteln
- 25 und die dabei ermittelten Feldstärken derart in Beziehung gebracht werden, dass sich daraus die Feldstärke in einer aktiven induktiven Messebene ergibt, die mit der optischen Messebene unter Bildung einer gemeinsamen aktiven Messebene M zusammenfällt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
- 30 dadurch gekennzeichnet,
- dass jeweils eine optische Messung in einer zur Mittelachse Z senkrechten X-Richtung und in einer ebenfalls zur Mittelachse Z

senkrechten Y-Richtung erfolgt und die X- und Y-Richtungen einen Winkel einschließen, der insbesondere 90° beträgt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
5 dass die optische Messvorrichtung (13, 13', 14, 14'), zwei Lichtquellen (13, 13'), von denen eine (13) Licht (18) in der X-Richtung und die andere (13') Licht (18') in der Y-Richtung auf den Strang (3) emittiert, und auf der dem Strang (3) gegenüberliegenden Seite jeweils einen Lichtsensor (14, 14') aufweist, der das von der gegenüberliegenden
10 Lichtquelle (13, 13') emittierte Licht (18, 18') detektiert.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass alle Messspulen ($-X^1, -X^2, +X^1, +X^2, -Y^1, -Y^2, +Y^1, +Y^2$ bzw. $+X^{12}, -X^{12}, +Y^{12}, -Y^{12}$ bzw. X^1, X^2, Y^1, Y^2) der Messspulenvorrichtung (1)
15 gleiche Form und Wirkfläche besitzen.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Einrichtung (6, 7, 8) zur Induktion eines hochfrequenten Wechselstroms in dem Leiter (4) vorhanden ist und sich die
20 Wirkflächen der Messspulen in einer X-Ebene oder einer Y-Ebene erstrecken, sich die X- und Y-Ebenen unter Einschluss eines Winkels von insbesondere 90° schneiden und senkrecht auf der Messebene M stehen, und sich die Mittelachse Z in der Schnittlinie der X-Ebene mit der Y-Ebene erstreckt.
- 25 6. Vorrichtung nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Messspulenvorrichtung (1) vier Messspulenpaare ($+X, -X; +Y, -Y$) umfasst, vier separate Messspulen ($+X^1, +X^2, -X^1, -X^2$) in der X-Ebene angeordnet und vier separate Messspulen ($+Y^1, +Y^2, -Y^1, -Y^2$) in
30 der Y-Ebene angeordnet sind, eine separate Messspule ($+X^1; -X^1$ bzw. $+Y^1; -Y^1$) eines Messspulenpaares ($+X; -X; +Y; -Y$) vor der Messebene

M und die andere separate Messspule ($+X^2$; $-X^2$ bzw. $+Y^2$; $-Y^2$) dieses Messspulenpaares ($+X$; $-X$; $+Y$; $-Y$) hinter der Messebene M angeordnet ist und die separaten Messspulen ($+X^1$, $+X^2$, $-X^1$, $-X^2$, $+Y^1$, $+Y^2$, $-Y^1$, $-Y^2$) symmetrisch zur aktiven Messebene M und zur Mittelachse Z angeordnet sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Messspulenvorrichtung vier Messspulen in Form von Differenzspulen (X^1 , X^2 , Y^1 , Y^2) aufweist und die Differenzspulen (X^1 , X^2) bzw. (Y^1 , Y^2) jeweils ein Messspulenpaar bilden, deren Wirkfläche hälftig bezüglich der Mittelachse Z aufgeteilt ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Wicklung dieser Differenzspulen (X^1 , X^2 , Y^1 , Y^2) auf beiden Seiten der Mittelachse Z sowie parallel dazu verlaufende Abschnitte (21 , $21'$), die mittels konzentrisch zur Mittelachse Z verlaufenden Verbindungsbogen (22 , $22'$) verbunden sind und sich die parallelen Abschnitte (21 , $21'$) der Wicklung entweder in der Y-Ebene oder in der X-Ebene erstrecken.

9. Vorrichtung nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Messspulenvorrichtung vier Messspulen ($+X^{12}$, $-X^{12}$, $+Y^{12}$, $-Y^{12}$) aufweist, die von der Messebene M halbiert werden, von denen zwei ($+X^{12}$, $-X^{12}$) in der X-Ebene und zwei ($+Y^{12}$, $-Y^{12}$) in der Y-Ebene liegen.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass die X-Richtung der optischen Messung in der X-Ebene der induktiven Messung und die Y-Richtung der optischen Messung in der Y-Ebene der induktiven Messung liegen.

11. Verfahren zur berührungslosen Bestimmung einerseits des Außendurchmessers eines Stranges, der einen Leiter und eine diesen isolierende Umhüllung aufweist, und andererseits der Zentrität des Leiters in der Umhüllung, bei dem der Strang durch eine Messeinrichtung hindurchgezogen wird, wobei
- 5 i) die Lage und der Außendurchmesser des Stranges in einer optischen Messebene, die senkrecht und quer zur Mittelachse Z der Messeinrichtung angeordnet ist, optisch ermittelt wird,
- 10 ii) die Lage in einer induktiven Messebene, die ebenfalls senkrecht und quer zur Mittelachse Z der Messeinrichtung angeordnet ist, induktiv ermittelt wird und
- 15 iii) die durch die optische Messung bestimmte Lage des Stranges mit der durch die induktive Messung ermittelten Lage des Leiters in Beziehung gesetzt werden und daraus die Zentrität des Leiters in der Umhüllung errechnet wird,
- dadurch gekennzeichnet,
- 20 dass einerseits die Feldstärken vor der optischen Messebene und andererseits die Feldstärken nach der optischen Messebene ermittelt und die dabei ermittelten Feldstärken derart in Beziehung gebracht werden, dass sich daraus die Feldstärke in einer aktiven induktiven Messebene ergibt, die mit der optischen Messebene unter Bildung einer gemeinsamen aktiven Messebene M zusammenfällt.
12. Verfahren nach Anspruch 11,
- 25 dadurch gekennzeichnet,
- dass die optischen Messung und die induktiven Messung gleichzeitig erfolgen und die dabei gemessenen Daten in Echtzeit verarbeitet werden.

ZUSAMMENFASSUNG

Bereitgestellt wird ein berührungsloses Zentritäts- und Durchmesser-Messsystem mit i) einer optischen Messvorrichtung (13, 13', 14, 14') zur
5 Bestimmung des Außendurchmessers und der Lage eines Stranges (3) in einer optischen, senkrecht und quer zur Mittelachse Z einer Messeinrichtung (2) angeordneten Messebene, wobei der Strang (3) einen Leiter (4) und eine diesen isolierende Umhüllung (5) aufweist und in Richtung der Mittelachse Z durch die Messeinrichtung (2) hindurchgezogen
10 wird, ii) einer induktiven Messspulenvorrichtung (1) zur Bestimmung der Lage des Leiters (3) in einer induktiven Messebene, die ebenfalls senkrecht und quer zur Mittelachse Z der Messeinrichtung (2) angeordnet ist, und iii) Mitteln, welche die durch die optische Messvorrichtung (1) bestimmte Lage des Stranges (3) mit der durch die induktive
15 Messspulenvorrichtung (1) ermittelten Lage des Leiters (4) in Beziehung setzen und daraus die Zentrität des Leiters (4) in der Umhüllung (5) errechnen. Dieses Messsystem zeichnet sich dadurch aus, dass die Messspulen der Messspulenvorrichtung (1) paarweise oder hälftig bezüglich der optischen Messebene angeordnet sind und einerseits die
20 Feldstärke vor der optischen Messebene und andererseits die Feldstärke nach der optischen Messebene ermitteln und die dabei ermittelten Feldstärken derart in Beziehung gebracht werden, dass sich daraus die Feldstärke in einer aktiven induktiven Messebene ergibt, die mit der optischen Messebene unter Bildung einer gemeinsamen aktiven
25 Messebene M zusammenfällt. Dadurch ist es möglich den Außendurchmesser eines Kabels und die Exzentrität des Leiters dieses Kabels auf einfache Weise gleichzeitig für denselben Ort des Kabels bestimmen zu können.

30 Hierzu Figur 1

FIG. 1

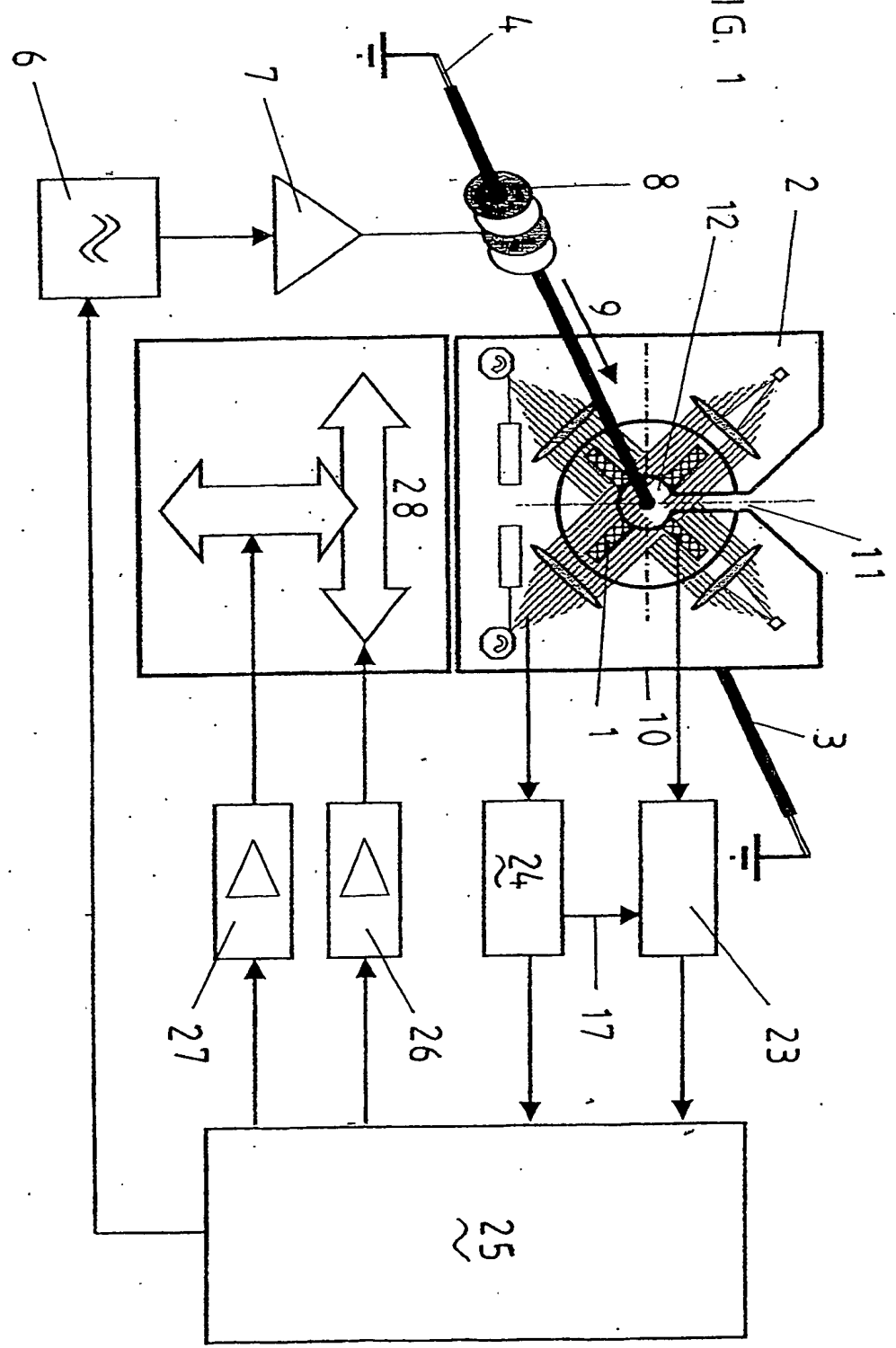
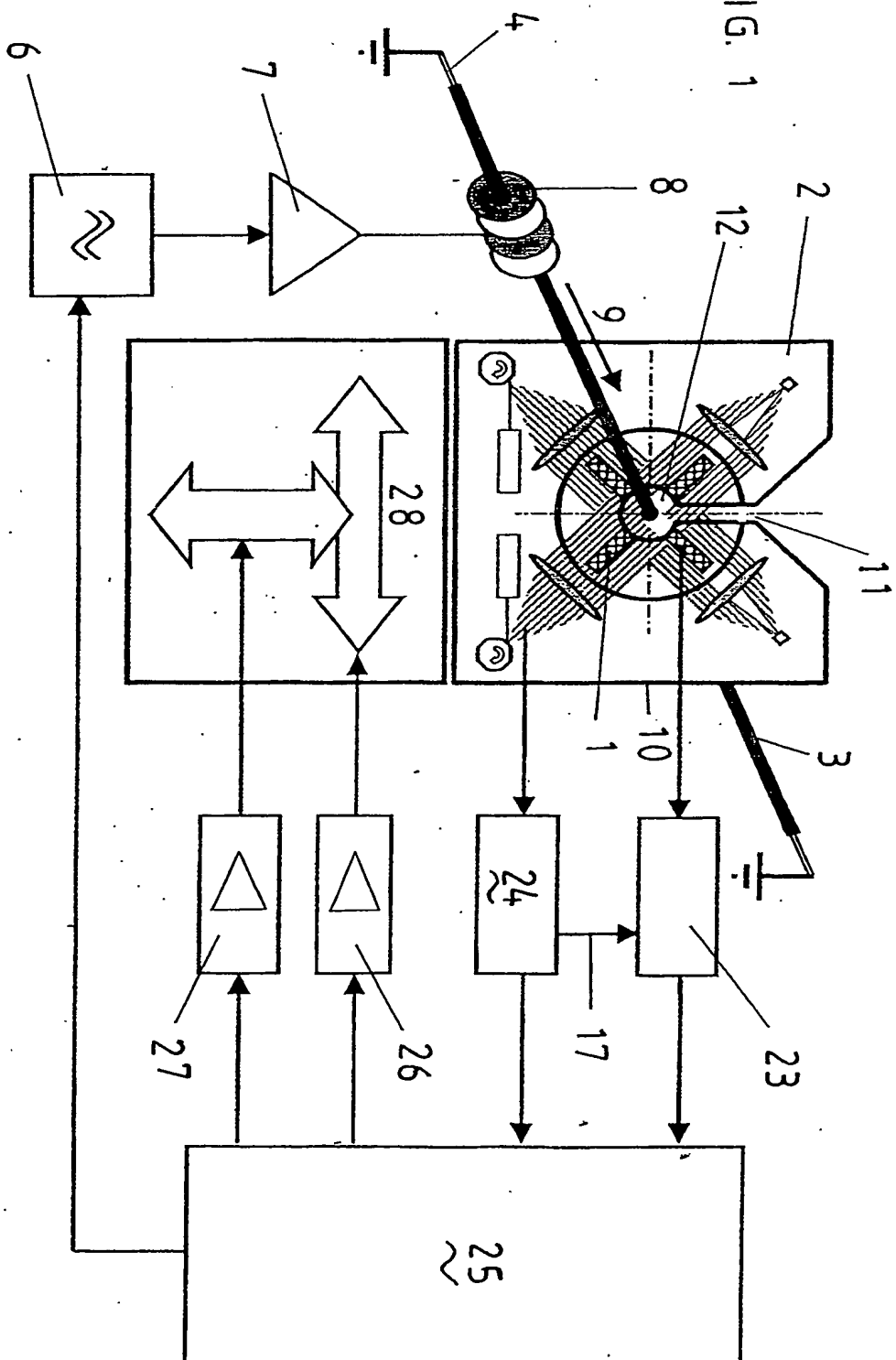


FIG. 1



2

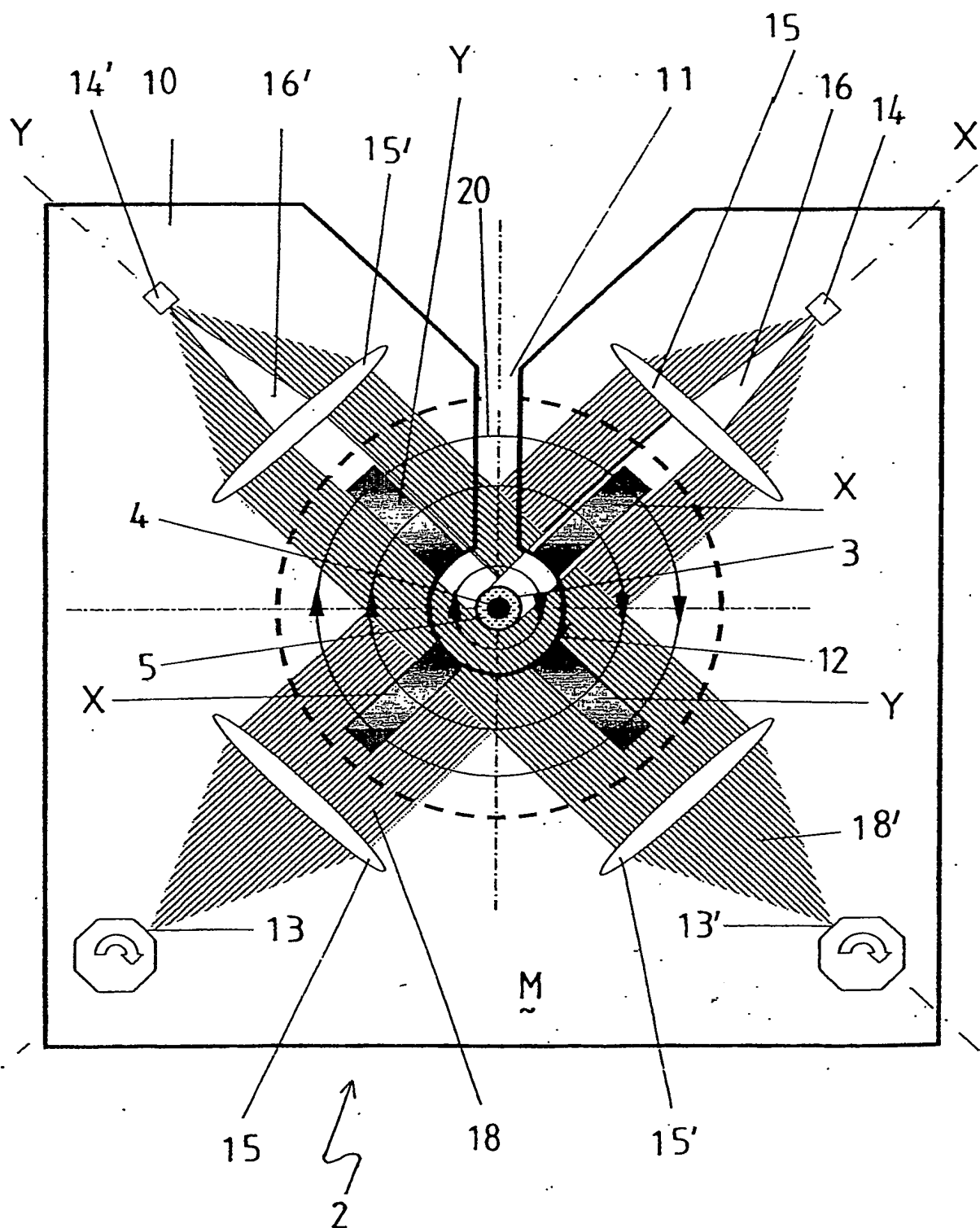


FIG. 3

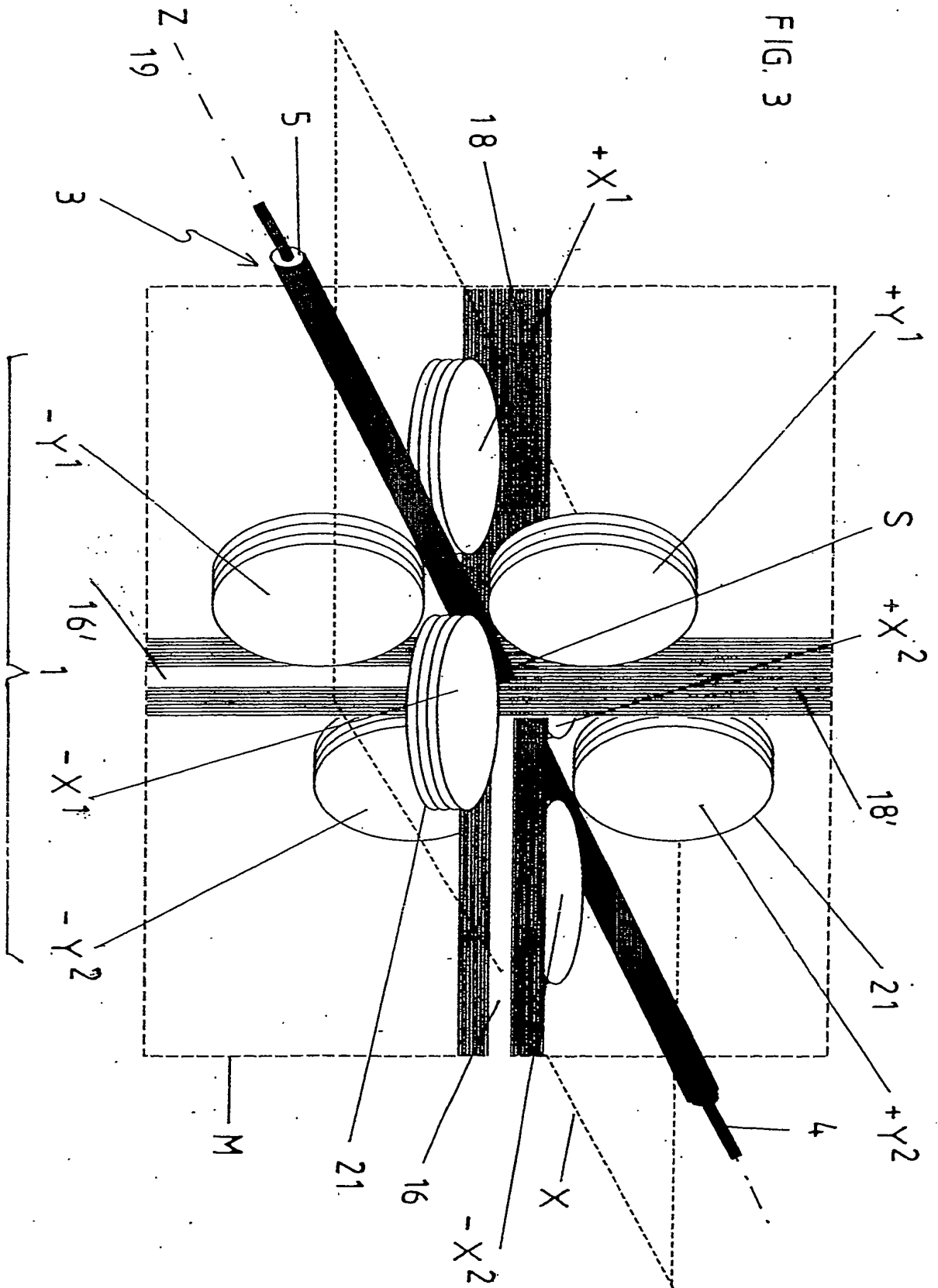
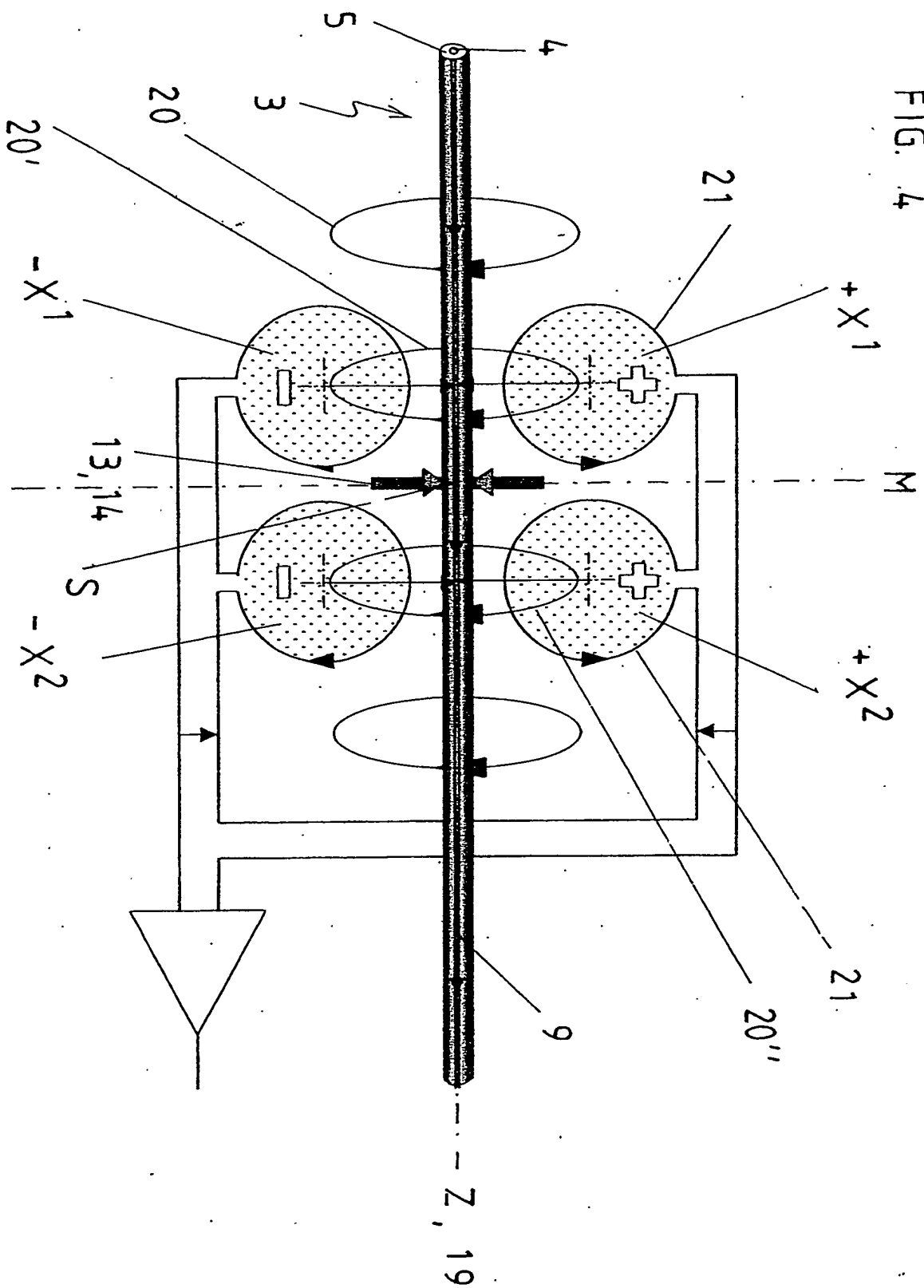
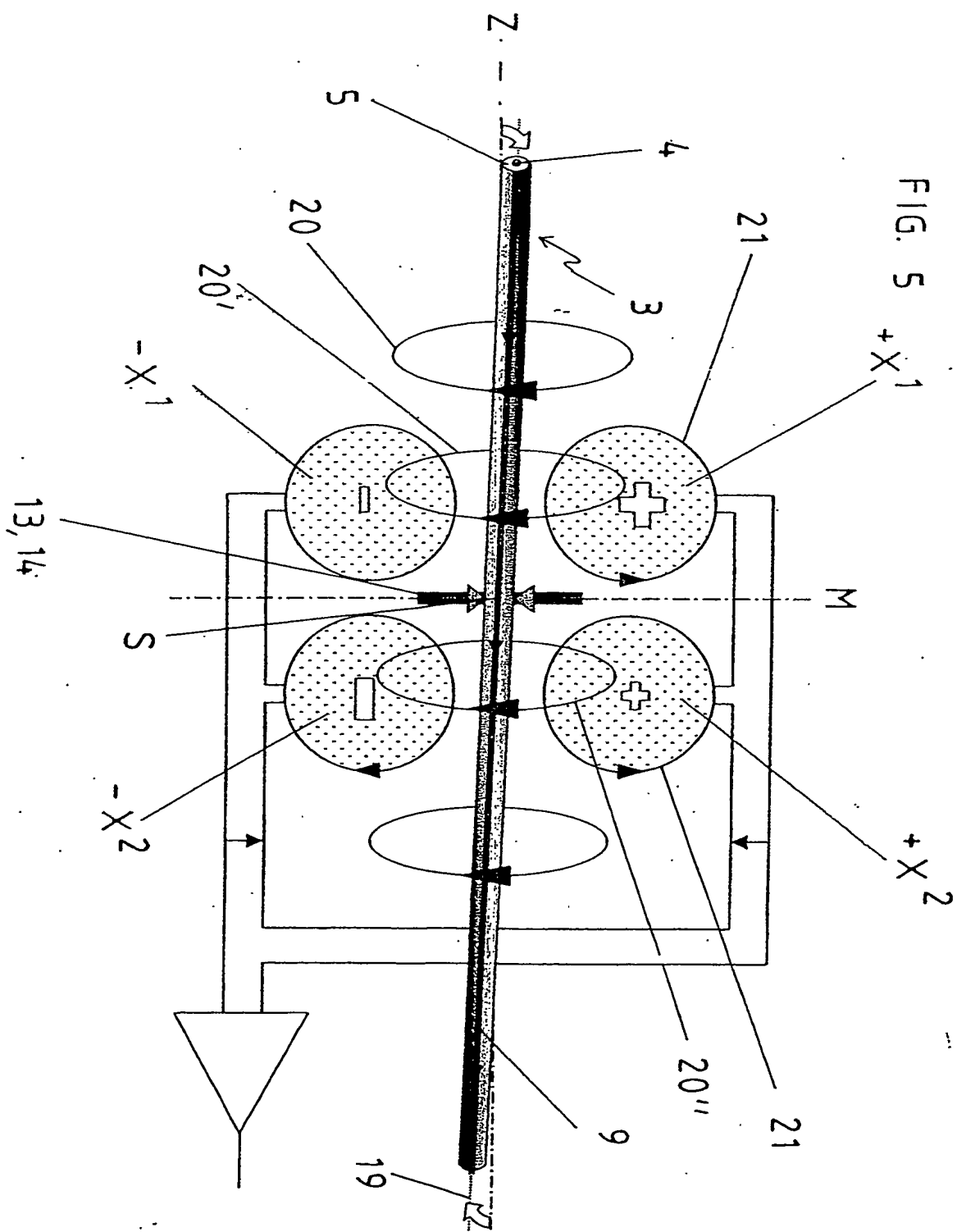


FIG. 4



$$x^2 +$$


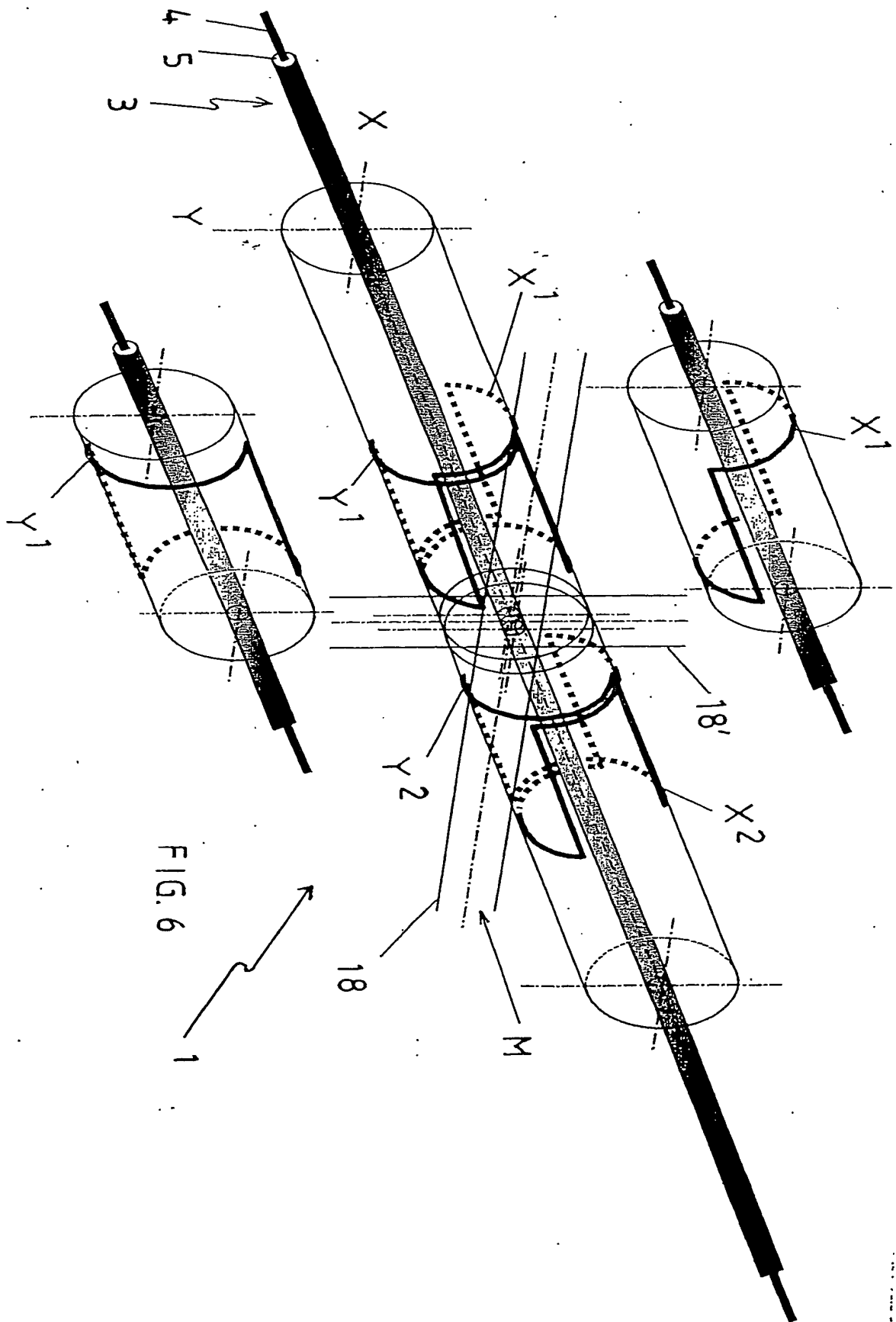


FIG. 7

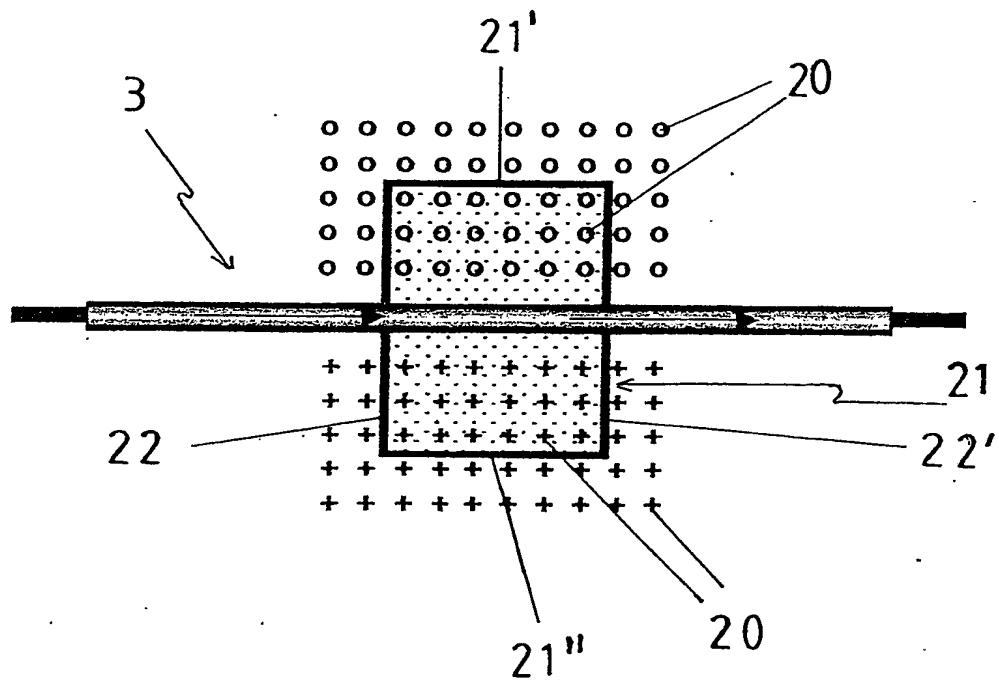
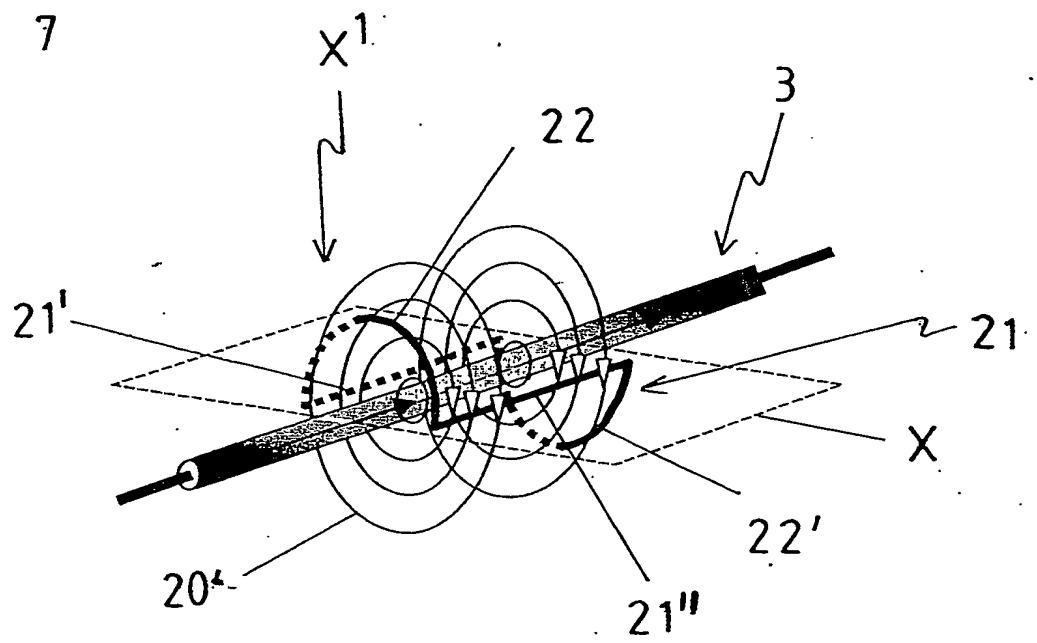


FIG. 8

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.